

PROMJENE KLIME

MLADEN MARADIN

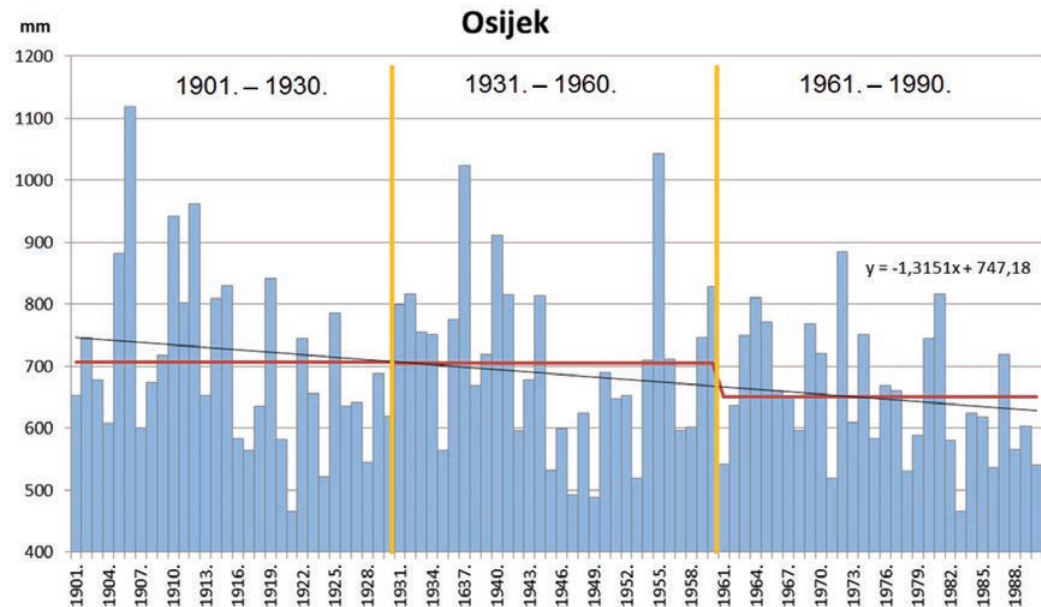
Tema promjene klime danas je sveprisutna. Osim u znanstvenim krugovima, zastupljena je u različitim časopisima, televizijskim emisijama, pa i svakodnevnom razgovoru. Pri tome se često u potpunosti ne razumije što su promjene klime, a naslovi u novinama češće su rezultat senzacionalizma i pukog popunjavanja medijskog prostora, nego realnog sagledavanja problematike promjena klime. Tako se nakon jačeg zahlađenja nerijetko spominju ledena doba, a vruće i sušno vrijeme potiče rasprave o velikim sušama i mogućim problemima uslijed nestašice pitke vode. U ovom članku će se pokušati objasniti što su promjene klime, te dati kratki pregled suvremenih istraživanja o toj problematici.

UVOD — ŠTO SU PROMJENE KLIME?

Tema promjene klime danas je sveprisutna. Osim u znanstvenim krugovima, zastupljena je u različitim časopisima, televizijskim emisijama, pa i svakodnevnom razgovoru. Pri tome se često u potpunosti ne razumije što su promjene klime, a naslovi u novinama češće su rezultat senzacionalizma i pukog popunjavanja medijskog prostora, nego realnog sagledavanja problematike promjena klime. Tako se nakon jačeg zahlađenja nerijetko spominju ledena doba, a vruće i sušno vrijeme potiče rasprave o velikim sušama i mogućim problemima uslijed nestašice pitke vode. U ovom članku će se pokušati objasniti što su promjene klime, te dati

kratki pregled suvremenih istraživanja o toj problematici.

Izraz promjene klime uopćeni je izraz koji obuhvaća sve oblike nepostojanosti klime (Šegota i Filipčić, 1996). Koncept promjene klime može se objasniti pomoću pojednostavljenog primjera padalina u Osijeku od 1901. do 1990. godine (sl. 1). Koristeći različite metode analize vremenskih nizova mogu se donijeti zaključci o promjeni količine padalina. U klimatologiji se najčešće koriste tridesetogodišnja razdoblja. Svjetska meteorološka organizacija (*World Meteorological Organization* – WMO) za standardno razdoblje uzima razdoblje od 1961. do 1990. godine. Tako je u prva dva tridesetogo-



Sl. 1. Količina padalina u Osijeku od 1901. do 1990. godine, linearni trend i tridesetogodišnji srednjaci (crvene linije)

dišnja razdoblja prosječna godišnja količina padalina u Osijeku bila približno ista (706,1 mm u prvom i 705,5 mm u drugom razdoblju), dok se u trećem tridesetogodišnjem razdoblju prosječna količina padalina smanjila (650,1 mm) (sl. 1). U cijelom promatranom razdoblju količina padalina se smanjuje što pokazuje linearni trend ($y = -1,3151x + 747,18$). Drugim, složenijim, statističkim metodama mogle bi se utvrditi varijacije, fluktuacije ili oscilacije količine padalina u razdoblju od 1901. do 1990. godine.

Na slici 1. može se uočiti da se količina padalina u Osijeku razlikuje od godine do godine. Padalinama je svojstvena velika međugodišnja promjenljivost (Maradin, 2011). Ako se te promjene promatraju unutar pojedinog tridesetogodišnjeg razdoblja, onda je riječ o varijabilnosti padalina, a ne o promjenama klime. Promjene klime mogu se identificirati tek promatranjem dužih vremenskih nizova. Zato se na temelju nekoliko uzastopnih godina topli-

jih ili hladnijih, odnosno sušnijih ili vlažnijih od prosjeka ne mogu donositi zaključci o promjenama klime, bez obzira koliko su ta odstupanja manja ili veća od prosjeka. Kada svjedočimo ekstremnim vremenskim događajima, kao što su velike količine padalina tijekom 2014. godine, ispravnije bi bilo pitati što se događa s vremenom, a ne što se događa s klimom. Ekstremi su sastavni dio klime (Filipčić, 1998). Događa li se nešto s klimom, tj. mijenja li se klima, može se sa sigurnošću utvrditi tek kada se ekstremi promatraju s vremenskih odmakom unutar određenog vremenskog (tridesetogodišnjeg) razdoblja.

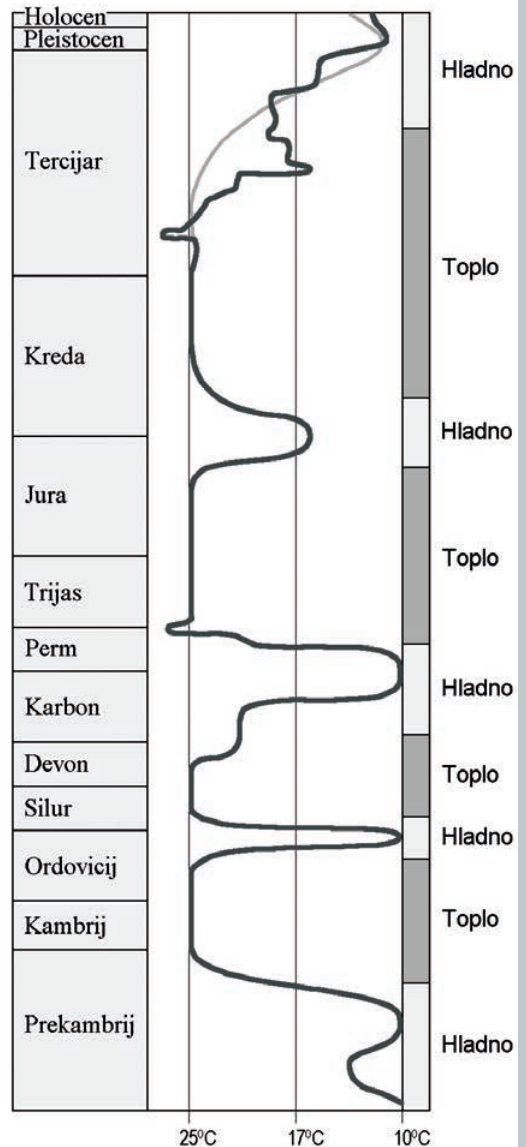
PROMJENE KLIME U PROŠLOSTI

Klima Zemlje mijenja se od postanka prve atmosfere. Ne postoji klima koja bi bila „normalna“ za Zemlju. Klimu daleke geološke prošlosti znanstvenici danas mogu analizirati samo posredno, na temelju rekonstrukcije klimatskih uvjeta u kojima se razvijala određena flora i fa-

una, u kojima su se taložile određene stijene ili korištenjem drugih metoda. Rekonstrukcije klima u geološkoj prošlosti Zemlje su to nesigurnije, što se promatra dalje u prošlost. Ipak, sa sigurnošću se može tvrditi da su u geološkoj prošlosti postojala razdobljima s toplijom i hladnijom klimom (ledena doba) (Šegota i Filipčić, 1996) (sl. 2). Ta razdoblja bila su različitog intenziteta. Dio znanstvenika smatra da je u dijelu proterozoika, prije više od 650 milijuna godina, gotovo cijela Zemlja bila prekrivena ledenim pokrovom (Hoffman i dr., 1998). Također, bilo je više razdoblja kada na Zemlji nije bilo ledenih pokrova i ona su vjerojatno trajala duže nego razdoblja kada su ledeni pokrovi postojali (Šegota i Filipčić, 1996). Promjene klime u prošlosti mogu se objasniti različitim čimbenicima, kao što su promjene položaja kontinenata i oceana, promjene pružanja planinskih sistema, promjene sastava atmosfere, promjene u svojstvima i gibanjima svjetskog mora, udari meteorita, vulkanske erupcije i izljevi lave, Milankovićeve ciklusi i drugi. Često je nemoguće govoriti samo o jednom uzroku, već je riječ o kombinaciji više njih.

Promjene klime imale su veliki utjecaj na razvoj života na Zemlji. Pojedina masovna izumiranja mogu se povezati s promjenama klime. Smatra se da su dinosauri izumrli krajem mezozoika zbog udara meteorita, koji je izbacio u atmosferu velike količine prašine. Kako je to smanjilo količinu Sunčeve radijacije koja je dolazila do površine, došlo je do globalnog pada temperature. Neka istraživanja tvrde da su populacije brojnih vrsta dinosaura već bile ugrožene promjenom klime krajem krede. Stoga je udar meteorita doveo do globalnog izumiranja svih vrsta dinosaura (Burroughs, 2011). Klima se mijenjala i u kenozoiku. Temperatura se postupno smanjivala, sa stalnom izmjenom toplijih i hladnijih razdoblja (sl. 2). Vrhunac zahlađenja bio je u epohi pleistocena, kada dolazi

do ledenih doba za vrijeme kojih se izmjenjuju glacijali i interglacijali. S geološkog aspekta, tek je završilo zadnje ledeno doba te čak nije ni sigurno nalazimo li se samo u interglacijalu.

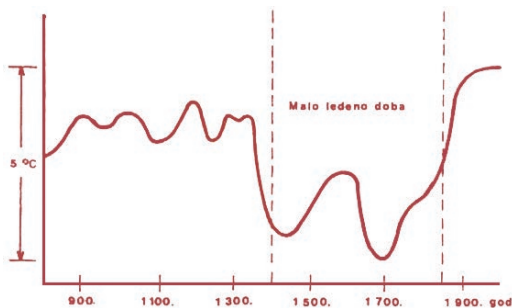


Sl. 2. Promjene globalne temperature na površini Zemlje u geološkoj prošlosti

Izvor: PALEOMAP Project

Izmjena glacijala i interglacijala imala je veliku ulogu u oblikovanju današnjeg izgleda zemljine površine. Također, zadnja oledba imala je veliku ulogu u razvoju čovjeka i njegovom širenju po svijetu. Velikim su dijelom promjene klime u zadnjih 150 000 godina određivale smjer i brzinu širenja suvremenog čovjeka na Zemlji (Stringer i Andrews, 2005).

Etape razvoja i propast nekih civilizacija također se mogu povezati s promjenama klime. Dugo se vremena za gradove u dolini Inda, kao što su Harappa i Mohenjo-daro, nije mogao odrediti uzrok njihovog pada. Arheološkim istraživanjima nisu pronađeni tragovi ratova ili prirodnih katastrofa koji bi objasnili njihovu relativno brzu propast. Nedavno je otkriveno da se njihov pad može povezati s osušenjem klime na cijelom prostoru Južne Azije i Bliskog istoka od 1800. do 500. godine pr. Kr. Naime, kako su gradovi rasli, bilo je potrebno sve više hrane za prehranu stanovništva, koja se u tom,



Sl. 3. Generalizirana krivulja temperature zraka u Istočnoj Europi u posljednjih 1000 godina

Preuzeto iz: Šegota i Filipčić (1996)

relativno sušnom prostoru, mogla proizvesti uz pomoć navodnjavanja. Međutim, osušenjem klime, došlo je do porasta evaporacije, zbog čega se sve više i više soli zadržavalo u tlu. Na kraju se tlo zaslanilo do te mjere da uzgoj poljoprivrednih kultura na njemu više nije bio moguć. Kako se stanovništvo grada nije moglo prehraniti, mnogi su gradovi u dolini Inda na-



Sl. 4. H. Avercamp, Zimski krajolik s klizačima, oko 1608. godine

pušteni i relativno su brzo propali ili su se na njihovom mjestu održala tek manja naselja (Burroughs, 1997).

Promjene klime bile su dijelom uzrok i drugim događajima u povijesti. Pri tome je važno naglasiti da one najčešće nisu jedini uzrok određenim povijesnim zbivanjima, već su dovele do uvjeta zbog kojih su se oni događali. Pad Rimskog carstva posljedica je dugotrajnog doseljavanja naroda iz Srednje Azije koji se iz tih prostora doseljavao zbog pogoršanja klimatskih uvjeta (razdoblje subboreala). Stabilni vremenski uvjeti tijekom ranog srednjeg vijeka (sekundarni klimatski optimum ili subatlantik) omogućili su Vikinzima naseljavanje Islanda i Grenlanda, a uspjeli su doploviti i do Amerike gotovo 500 godina prije Kolumba (Burroughs, 1997). Pogoršanjem klimatskih uvjeta (krajem subatlantika) te su veze prekinute, a kasnije su pale u zaborav te će se dugo vremena Kolumbo smatrati prvim Europljaninom koji je doplovio do Amerika.

Od polovine 12. stoljeća u Europi dolazi do pogoršanja klime i zahlađenja. To se razdoblje

naziva malo ledeno doba i traje sve do polovice 19. stoljeća (sl. 3). Ljeta su bila kratka i relativno hladna, a zime duge i snježne. Prizori života u tom hladnom razdoblju mogu se vidjeti na slikama brojnih slikara toga doba (sl. 4). Postoje i drugi primjeri utjecaja klime i vremena na umjetnost. Tako je erupcija vulkana Tambore 1816. godine, jedna od najvećih vulkanskih erupcija zabilježena u povijesti, u atmosferu izbacila velike količine pepela i sitnih čestica prašine (aerosola). Zbog toga su slike zalazaka Sunca, i neba općenito, koje su slikali europski slikari u tom razdoblju, imali izraženu žutu nijansu (sl. 5). Takav prikaz zalazaka Sunca smatrao se modom u tadašnjoj umjetnosti. Tek kada su slični prizori zabilježeni na području Istočne Azije nakon erupcije vulkana Pinatubo 1991. godine, spoznalo se da su slikari početkom 19. stoljeća prikazivali ono što su vidjeli.

Zanimljivo je spomenuti da novija istraživanja povezuju pandemiju kuge u srednjem vijeku s promjenama klime. Naime, pojava *crne smrti*, koja je poharala Europu u 14. stoljeću podudara s kišnim razdobljem kada su zabilje-



Sl. 5. J.M.W. Turner, Chichesterski kanal, oko 1828. godine

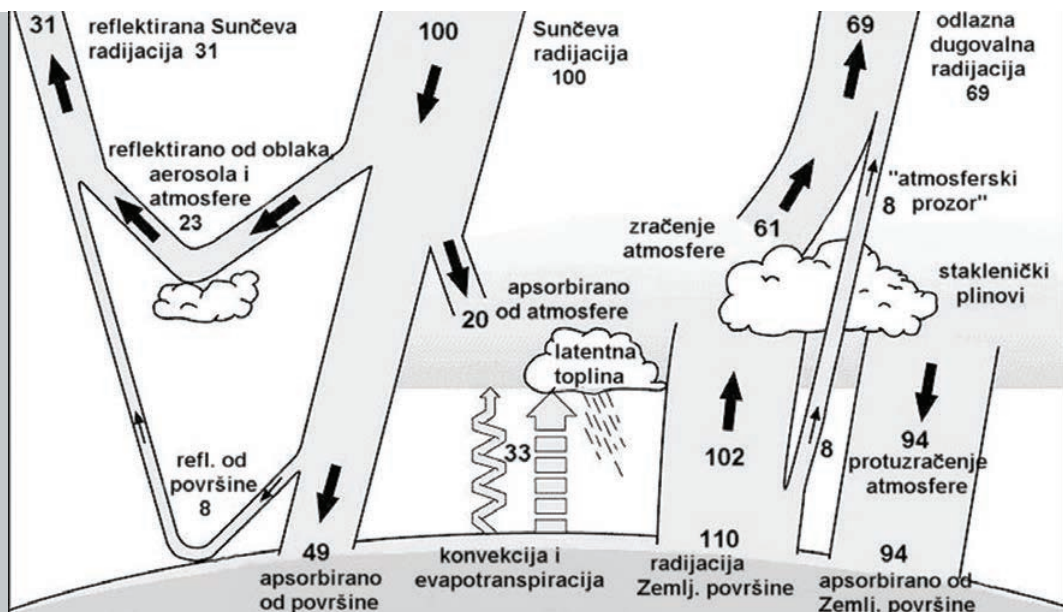
žene velike poplave u Kini. Kako je za vrijeme poplava došlo do kontakata velikog broja ljudi i životinja, prije svega štakora, prijenosnika bakterije kuge, na reljefno višim, nepoplavljenim područjima, to je dovelo do mutacije uzročnika kuge, čime je omogućeno brzo širenje kuge sve do Europe (Burroughs, 1997).

SUVREMENE PROMJENE KLIME

Nakon kraja malog ledenog doba, u drugoj polovici 19. stoljeća, dolazi do porasta temperature. Naravno, ni taj porast temperature nije bio ravnomjeran; kao i do tada postojala su i hladnija razdoblja. Posebno je hladno razdoblje bilo od 40-ih do 70-ih godina 20. stoljeća. U tom razdoblju neki su znanstvenici čak predviđali početak globalnog zahlađenja (Burroughs, 1997). To su objašnjavali razvojem industrije i velikom količinom aerosola koji ona emitira. Kako aerosol reflektira sunčevu radijaciju u svemir prije nego ona dođe do Zemljine površine, te su tvrdnje bilo dosta široko prihvaćene.

Međutim, već su i tada klimatolozi upozoravali da se zbog upotrebe fosilnih goriva i porasta koncentracije ugljikovog dioksida može očekivati porast temperature i globalno zatopljenje.

Od 80-ih godina 20. stoljeća dolazi do porasta temperatura na površini Zemlje. Znanstvenici to objašnjavaju sve većom koncentracijom ugljikovog dioksida i ostalih stakleničkih plinova, koji su u atmosferu dospjeli djelovanjem čovjeka. Pri tome se govori o učinku staklenika, što u tom kontekstu nije potpuno točno. Naime, učinak staklenika prirodni je proces, bez kojeg bi temperatura na površini Zemlje bila niža za oko 38 °C (Šegota i Filipčić, 1996). Bez učinka staklenika život na Zemlji u obliku u kojem ga poznajemo ne bi bio moguć! Većina znanstvenika smatra da porast koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi utječe na porast temperature. Naime, učinak staklenika temelji se načinu kojim se Zemljina atmosfera zagrijava (sl. 6). Do Zemlje dolazi sunčeva kratkovalna radijacija, prolazi kroz atmosferu i



Sl. 6. Shema radijacijske i energetske bilance sistema Zemljina površina – atmosfera

zagrijava površinu Zemlje. Zagrijana Zemljina površina emitira dugovalnu radijaciju i tako zagrijava atmosferu, koja tu dugovalnu radijaciju „vraća“ na površinu Zemlje. Ta se pojava naziva protuzračenje atmosfere. Međutim, ne sudjeluje cjelokupno protuzračenje atmosfere u njezinom zagrijavanju. Dio te radijacije napušta atmosferu, a količina koja odlazi iz atmosfere ovisi o udjelu stakleničkih plinova – vodenoj pari, ugljikovom dioksidu, metanu, dušikovom oksidu i drugim. Isto se događa i sa Zemljinom dugovalnom radijacijom. Vodena para u tom procesu ima najveću ulogu zbog značenja i udjela u atmosferi. Međutim, udio vode u atmosferi, gledano u cijelosti malo se mijenja, a njezin je udio regionalno vrlo promjenljiv. Zato na proces globalnog zagrijavanja puno veći utjecaj imaju ostali navedeni staklenički plinovi. Povećanje njihovog udjela u atmosferi posljedica je ljudskog djelovanja, industrijske proizvodnje, izgaranja fosilnih goriva, moderne poljoprivredne proizvodnje... Tako se udio ugljikovog dioksida u atmosferi do danas povećao za više od 35% u odnosu na predindustrijsko doba (MacCracken, 2005).

Potrebno je naglasiti da je teško procijeniti koliko je čovjek odgovoran za suvremene promjene klime, a u kojoj je mjeri riječ o prirodnim procesima. Povećanje ugljikovog dioksida u atmosferi nije samo posljedica izgaranja fosilnih goriva. Čovjek je svojom djelatnošću uvelike narušio ciklus kruženja ugljika u prirodi. Sječa šuma, smanjenje broja fitoplanktona u moru, moderna poljoprivredna proizvodnja, narušavanje prirodnih ekosustava samo su dio uzroka zbog kojih sve više ugljika ostaje nevezano u živim bićima i zadržava se u atmosferi. Prema *Petom izvješću o procjeni – Promjena klime 2013. Međuvladinog panela o promjeni klime (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)* vrlo je vjerojatno (sa sigurnošću većom od 90%) da je porast koncentracije stakleničkih

plinova uzrokovan ljudskom aktivnosti (uključujući i cjelokupno ljudsko djelovanje) odgovoran za više od polovine zabilježenog porasta temperature na površini Zemlje u razdoblju 1951.-2010.

KYOTSKI PROTOKOL

Kada je u drugoj polovici 20. stoljeća postalo očito da aktivnost čovjeka utječe na okoliš, počele su se osnivati organizacije koje su se sustavno bavile problemima okoliša. Međunarodna klimatska politika počinje se voditi 1979. godine održavanjem Prve svjetske konferencije o klimi u Ženevi, kada je usvojen Svjetski klimatski program (*World Climatic Programme – WCP*). Godine 1988. Generalna je skupština Ujedinjenih naroda proglasila promjene klime *zajedničkom brigom čovječanstva*. UNEP (*United Nations Environment Programme*) i WMO iste su godine osnovali Međuvladin panel o promjeni klime (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Znanstvenici zaposleni u ovom tijelu bave se istraživanjem promjena klime i procjenjivanjem njihovih posljedica, a donose i preporuke za političke strategije koje se odnose na promjene klime (Lay i dr., 2007). Godine 1992. održana je *Konferencija o zaštiti životne sredine i razvoju* u Rio de Janeiru. U okviru te konferencije 160 država Ujedinjenih naroda donijelo je *Okvirnu konvenciju o promjeni klime (United Nation Framework Convention on Climate Change – UNFCCC)*, koja je na snagu stupila 21. ožujka 1994. godine. Također je kao okvirni cilj navedeno smanjenje emisije stakleničkih plinova u atmosferu, koje bi se do 2000. godine trebalo dovesti na razinu emisije iz 1990. godine.

Prva konferencija država potpisnica Konvencije o klimi održana je 1995. godine. Odlučeno je da se za dvije godine donesu propisi o smanjenju stakleničkih plinova od strane razvijenih zemalja. U tom su razdoblju vođeni inten-

zivni pregovori kako bi se usuglasio tekst sporazuma kojima se predviđa smanjenje emisije stakleničkih plinova. Napokon, na trećoj konferenciji država potpisnica *Konvencije o klimi* u Kyotu 1997. godine usvojen je *Kyotski protokol*. Važno je naglasiti da je *Kyotski protokol* donesen nakon teških pregovora, pa i opstrukcije nekih moćnih država te je rezultat pokušaja vlada svijeta da se dogovore o smanjenju emisija stakleničkih plinova (Lay i dr., 2007). Nakon što je protokol ratificiralo 55 država, zaključno s Rusijom, on je 16. veljače 2005. godine stupio na snagu. Hrvatska je potpisala *Kyotski protokol* 11. ožujka 1999. godine kao 78. potpisnica, a ratificirala ga je 2007. godine. Iste godine u Hrvatskoj je na snagu stupio Zakon o potvrđivanju *Kyotskog protokola* uz *Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime*.

Države potpisnice *Kyotskog protokola* obvezale su se da će do razdoblja 2008.-2012. smanjiti emisije stakleničkih plinova za 5,2 % ispod razine emisije 1990. godine. Kao staklenički plinovi, čije je smanjenje potrebno navedeni su ugljikov dioksid, metan, dušikov oksid, fluorougljikovodici (HFC), perfluorougljici, (PFC) i sumproni heksafluorid. Hrvatska se prihvatanjem *Kyotskog protokola* obvezala smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 5%.

U Montrealu su 2005. godine na *Konferenciji zemalja potpisnica Kyotskog protokola* počele rasprave o emisijama stakleničkih plinova u drugom obvezujućem razdoblju, nakon razdoblja koje obuhvaća *Kyotski protokol*, tj. od 2012. do 2020. godine. Međutim, odluka o provedbi obvezi iz *Kyotskog protokola*, kao ni globalna politika smanjenja emisije stakleničkih plinova nije donesena tada, kao ni na kasnijim konferencijama. Tako ni na konferenciji u Kopenhagenu održanoj 2009. godine većina političkih vođa nije bila spremna donijeti obvezujući sporazum kojim bi se ograničila emisija stakleničkih plinova, već su prihvaćene samo načelne izjave

i odluke o budućem djelovanju. Kao posljedica toga, mnoge zemlje koje su *Kyotskim protokolom* bile obvezne smanjiti emisiju stakleničkih plinova ne pridržavaju se prihvaćenih kvota smanjenja. Svjetska ekonomska kriza 2008. godine dodatno je potkopala napore u postizanje sporazuma i temu promjena klime gurnula u drugi plan, budući da su za smanjenje emisija stakleničkih plinova potrebna velika sredstva te modeli koji mogu dovesti do usporavanja gospodarskog rasta. Na *Konferenciji zemalja potpisnica Kyotskog protokola* u Parizu 2015. godine također se planira donijeti obvezujući sporazum kojim bi se regulirala emisija stakleničkih plinova, međutim, šanse da se to ostvari vrlo su male.

KAKVA NAS KLIMA OČEKUJE U BUDUĆNOSTI?

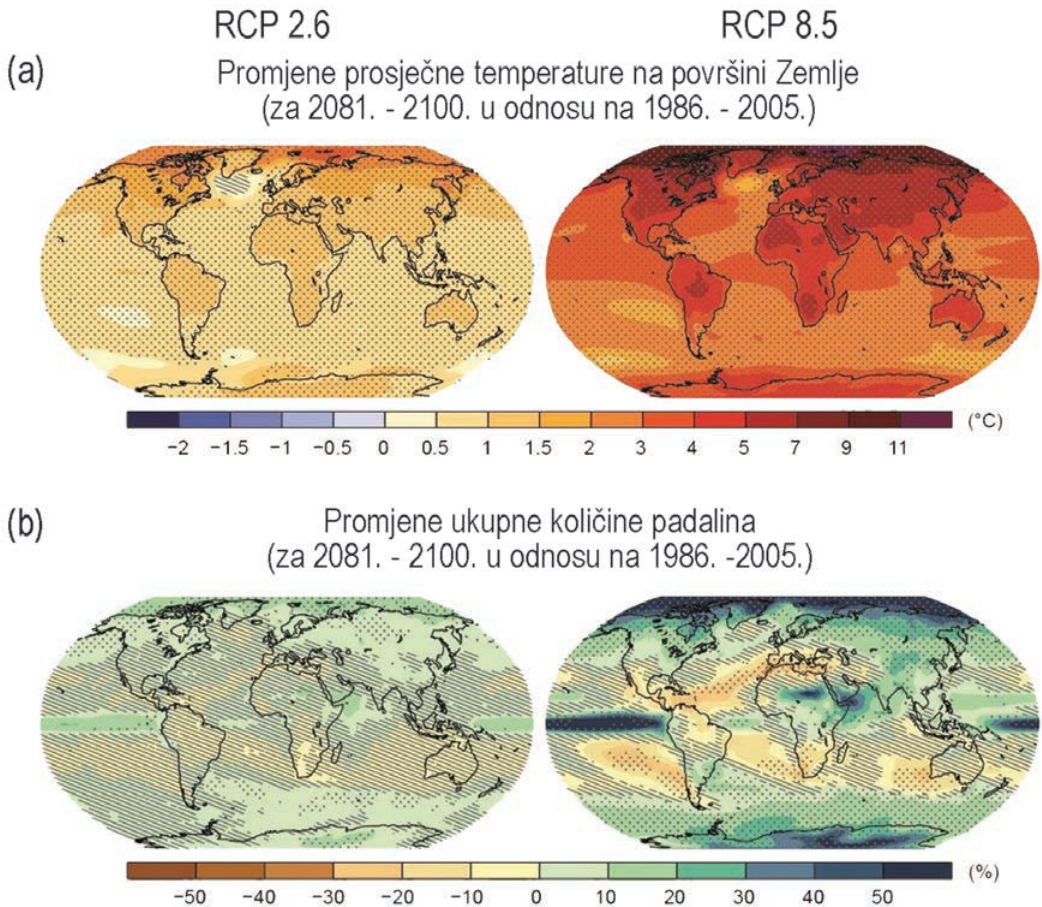
U 20. stoljeću prosječna temperatura na Zemlji povisila se 0.62 °C (Burroughs, 2001). Koliki će biti porast temperature do kraja 21. stoljeća teško je s velikom sigurnošću odrediti. Modeli kojima se nastoji predvidjeti promjene klime u budućnosti nisu dovoljno precizni da bi se moglo dati sigurne prognoze. Pri korištenju računalnih modela problem čine i ulazni parametri čije vrijednosti utječu na rezultate procjena (buduće emisije stakleničkih plinova, porast broja stanovnika, promjene korištenja zemljišta, tempo gospodarskog razvoja...). Zato se predviđanja stalno korigiraju i daju se nove procjene. S obzirom na pretpostavke modela, predviđanja mogu biti pesimistična, optimistična i *srednja*. Za predviđanje globalnih promjena klime najviše koriste modeli opće cirkulacije (*General Circulation Models* – GCMs).

Prema *Petom izvješću o procjeni – Promjena klime 2013*. IPCC-a smatra se da će se u razdoblju 2081. – 2100. temperatura na površini Zemlje povisiti u odnosu na razdoblje 1986.-2005. između 0,3-1,7 °C (optimistični scenariji)

i 2,6-4,8 °C (pesimistični scenariji). Zatopljenje će biti veće u višim geografskim širinama, dok će u umjerenim geografskim širinama temperature više porasti u hladnom nego u toplom dijelu godine (sl. 7). Najveći se porast temperature do kraja 21. stoljeća predviđa u polarnim područjima, najviše u polarnim područjima na sjevernoj polutki, a bitno manje na južnoj. U području tropa velik broj modela predviđa zatopljenje manje od globalnog prosjeka. Porast temperature veći od prosjeka predviđa

se u unutrašnjosti kontinenata u umjerenim i suptropskim širinama na sjevernoj hemisferi, najviše u ljetnom dijelu godine.

Osim promjene temperature predviđa se i promjena drugih klimatskih elemenata. Za čovjeka su naročito važne promjene količine padalina, kao i promjena njezine geografske raspodjele. Promjene padalina puno je teže predvidjeti, jer su one prostorno i vremenski puno promjenljivije nego što je to slučaj s temperaturom. Smatra se da će se količina padalina do



Sl. 7. Promjene prosječne temperature na površini zemlje (a) i ukupne količine padalina (b) za razdoblje 2081.-2100. u odnosu na razdoblje 1986.-2005. prema dva scenarija (RCP 2.6 i RCP 8.5)

Izvor: PALEOMAP Project

kraja 21. stoljeća povećati u umjerenim i višim geografskim širinama kontinentskih unutrašnjosti u zimskom dijelu godine, dok će se u tropima povećati kroz cijelu godinu (sl. 7). Naravno, to će veliko povećanje biti u polarnim prostorima, što se može objasniti relativno velikim porastom temperature. Količina padalina će se smanjiti u subtropskim prostorima kontinentskih unutrašnjosti, koja su već i sada sušna. U takvim uvjetima područja koja su zahvaćena dezertifikacijom u budućnosti će se proširiti što će najviše pogoditi slabije razvijene države Afrike i Azije. U većini država u kojima se javljaju problemi vezani uz dezertifikaciju, ti će problemi u budućnosti biti sve izraženiji.

Za geografe najvažnija su predviđanja promjene klime na regionalnoj razini, jer će se posljedice promjene klime na čovječanstvo manifestirati kroz varijacije na regionalnoj razini. U *Petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske* prema *Okvornoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime* dana su predviđanja promjene klime u Hrvatskoj do kraja 21. stoljeća. Scenariji promjena klime provedene globalnim modelom EH5OM za razdoblje 2071.-2100. u odnosu na razdoblje 1961.-1990. predviđaju daljnji porast temperature, koji će biti veći u toplom, nego u hladnom dijelu godine. Porast temperature zimi bit će izraženiji u južnim, nego u sjevernim dijelovima Hrvatske, slično kao i porast temperature u toplom dijelu godine. Predviđa se smanjenje ukupne količine padalina u Hrvatskoj. Količina padalina će se smanjiti u proljeće, ljeto i jesen, najviše na obali i u gorskoj Hrvatskoj. Najveće se smanjenje očekuje u južnim dijelovima Hrvatske. Do manjeg porasta količine padalina doći će zimi, najviše u obalnom prostoru i dijelu gorske Hrvatske. S obzirom na zatopljenje u hladnom dijelu godine očekuje se manji broj dana sa snijegom te

smanjenje trajanja i debljine snježnog pokrivača.

Jedna od posljedica porasta globalne temperature, pogotovo u višim geografskim širinama je povlačenje ledenjaka, odnosno ledenih pokrova. Ledeni pokrov Grenlanda posebno je ugrožen porastom temperature. Povlačenjem ledenjaka i ledenih pokrova dolazi do porasta razine svjetskog mora. Prema *Petom izvješću o procjeni – Promjena klime 2013*. IPCC-a razina svjetskog mora mogla bi do kraja 21. stoljeća porasti u rasponu od 26 do 82 cm. Premda se takav porast ne čini velik, on će imati višestruke učinke na niskim obalama, gdje će se povećati rizik od velikih poplava uslijed oluja ili tropskih ciklona. Podizanje razine mora dovest će to zasljanjavanja vode u tlu u priobalnim zonama, što će utjecati na živi svijet i opskrbu stanovništva pitkom vodom. Budućnost malih otočnih država, kao što su Maldivi, već je i sada ugrožena porastom razine mora. Bogatije države, moći će se prilagoditi tim promjenama, dok će glavni teret podnijeti slabije razvijene države, koje neće moći osigurati dovoljno sredstava za pravovremenu prilagodbu.

Utjecaj promjena klime već je sada vidljiv na živom svijetu. Neovisno o budućim promjenama klime, čovjek utječe na brojne ekosustave. Zbog zagađenja okoliša, iskorištavanja šumskih bioma, širenja gradova i poljoprivrednih površina te drugih aktivnosti brojne su biljne i životinjske vrste ugrožene, a neke su već i izumrle. Neki znanstvenici smatraju da živimo u razdoblju još jednog masovnog izumiranja. Promjene klime u budućnosti će dodatno povećati ugroženost brojnih vrsta. Naravno, to će biti ugroženi oni ekosustavi koji su osjetljivi na promjene abiotičkih čimbenika, kao što su koraljni grebeni, planinski, močvarni, jezerski ekosustavi i drugi.

ZAKLJUČAK

Klima Zemlje stalno se mijenja, te će mijenjati i u budućnosti bez obzira na trenutni utjecaj čovjeka na klimu. Promjene klime imaju veliki utjecaj na ljudsko društvo u cjelini zbog čega se suvremene promjene klime razlikuju od promjena klime u geološkoj prošlosti Zemlje. Upravo je osjetljivost na promjene klime razlog zašto su one u središtu interesa mnogih društvenih grupa. Promjene klime utjecat će na brojne aspekte suvremenog društva. Prehrana stanovništva u nedovoljno razvijenim državama svijeta još je i danas problem, koji promjene klime mogu samo povećati. Svaki klimatski ekstrem, bez obzira ima li on uzrok u promjeni klime ili ne, dovodi do poremećaja u normalnom odvijanju svakodnevnog života. Zato su promjene klime uvijek aktualna tema; jer su moguće posljedice nepredvidive i dugoročno teško uklonjive.

Bez obzira na uzrok suvremenih promjena klime čovjek treba težiti što manje negativno utjecati na Zemlju, pogotovo u kontekstu održivog razvoja koji je postao paradigma suvremenog razvoja. Danas se u većini zemalja svijeta gospodarski razvoj stavlja na prvo mjesto bez obzira na posljedice koje to može imati na okoliš. Atmosfera je zajedničko dobro i tek se sustavnom politikom na globalnoj razini može postići njezino očuvanje. Stoga je vrlo važno voditi politiku prema okolišu koja će voditi računa o potrebama svih zemalja svijeta, kao i potrebama budućih generacija koje će živjeti na Zemlji.

LITERATURA

- BURROUGH, W.J., 1997: *Does the Weather Really Matter? The Social Implications of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BURROUGH, W.J., 2001: *Climate change – A Multidisciplinary Approach*, Cambridge University Press, Cambridge.
- FILIPČIĆ, A., 1998: Klimatske promjene, *Geografski horizont* 44 (1), 7-17.
- LAY, V., KUFRIN, K., PUĐAK, J., 2007: *Kap preko ruba čaše: Klimatske promjene – Svijet i Hrvatska*, Hrvatski centar «Znanje za okoliš» Zagreb, Zagreb.
- HOFFMAN, P.F., KAUFMAN, A.J., HALVERSKON, G.P., SCHRAG, D.P., 1998: A Neoproterozoic Snowball Earth, *Science* 281 (5381), 1342-1346.
- MACCRACKEN, M.C., 2005: Climate change and global warming, u: *Encyclopedia of World Climatology* (ur. OLIVER, J.E.), Springer, New York.
- MARADIN, M., 2011: *Geografski aspekt razlika u varijabilnosti padalina kontinentskog i maritimnog pluviometrijskog režima u Republici Hrvatskoj* (doktorski rad), Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- STRINGER, C., ANDREWS, P. 2005: *The Complete World of Human Evolution*, Thames and Hudson Ltd, London.
- ŠEGOTA, T., FILIPČIĆ, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb.

IZVORI

- Drugo, treće i četvrto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime* (UNFCCC), Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Zagreb, 2006.
- Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5), Međuvladin panel o promjenama klime* (IPCC), <http://www.ipcc.ch/report/ar5/> (12. listopada 2014.)
- Intergovernmental Panel on Climate Change*, <http://www.ipcc.ch> (12. listopada 2014.)
- PALEOMAP Project*, <http://www.scotese.com/> (20. listopada 2014.)
- Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime* (UNFCCC), Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Zagreb, 2010.

Protokol iz Kyota, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva., <http://klima.mzopu.hr/default.aspx?id=45> (14. listopada 2014.)

Prvo nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, 2001.

United Nations Framework Convention on Climate Change, <http://unfccc.int/2860.php>, (4. studenoga 2014.)

Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/medunarodni/328925.html>, (22. listopada 2014.)

DR. SC. MLADEN MARADIN,

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, e-mail: mmaradin@geog.pmf.hr